STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l.
CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.
VIA MINCIO, 22 – C.A.P. 20139 MILANO TEL. 02.5393977 – FAX 02.5392262
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

SONDAGGI GEOGNOSTICI GEOTECNICI AMBIENTALI GEOARCHEOLOGICI – PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE INDAGINI E RICERCHE GEOLOGICHE E IDROLOGICHE - PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTRICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI
C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO – COD.FISC.-PART.IVA 05092310969 – SOA 3405AL/57/01

Milano, Luglio 2024

Spett.le
GENERALE PREFABBRICATI S.p.A. CENTRO DIREZIONALE QUATTROTORRI ELLERA STAZIONE – PERUGIA

Prot. 7412/D

DATA 4 ITALY S.r.l.

REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO PLURIPIANO A SERVIZIO DI UN "DATA CENTER DC08.1

COMUNE DI SETTIMO MILANESE(MI) 20019
VIA REISS ROMOLI SNC

RELAZIONE GEOLOGICA (R1+R3)

Redatta ai sensi

D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle N.T.C.)
D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011

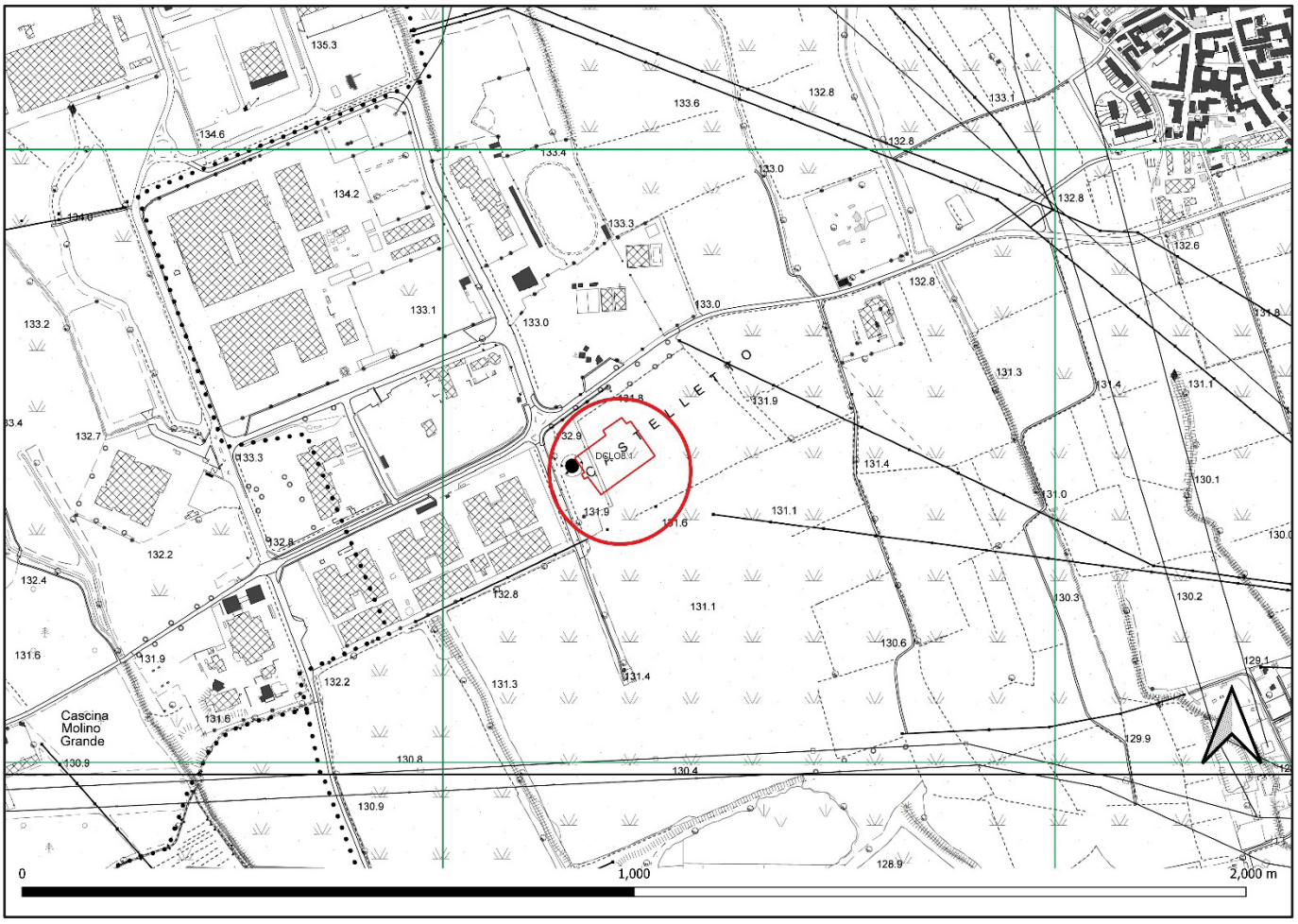
Dott. Geol. Luigi Maurizio Paternò

REVISIONE	DATA	PROTOCOLLO	REDATTO	CONTROLLATO	AUTORIZZATO
1.0	22/07/2024	7412/D	LMP	GCC	GCC/LMP

SOMMARIO

1.0 PREMESSA E PROGETTO EDILIZIO ____ 3
2.0 VINCOLI E CLASSIFICAZIONE SISMICA ____ 4
2.1 VINCOLI URBANISTICI E IDROGEOLOGICI ____ 4
2.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA ____ 5
3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO ____ 6
3.1 UBICAZIONE GEOGRAFICA ED INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ____ 6
3.2 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO ED IDROGEOLOGICO ____ 6
4.0 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA ____ 8
4.1 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA ____ 8
4.2 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE - ANALISI SISMICA DI II LIVELLO ____ 8
4.2.1 SCENARI DI RISCHIO SISMICO -LIQUEFAZIONE ____ 9
4.2.2 DATI IN INGRESSO ____ 9
4.2.3 ELABORAZIONE RISULTATI ____ 10
5.0 MODELLO CONCETTUALE E GEOLOGICO-TECNICO ____ 11
5.1 INDAGINI DIRETTE IN SITO E MODELLO CONCETTUALE ____ 11
5.2 MODELLO GEOLOGICO TECNICO E PARAMETRI CARATTERISTICI ____ 12
6.0 CONCLUSIONI ____ 13

1.0 PREMESSA E PROGETTO EDILIZIO



Il presente documento ha lo scopo d'illustrare i caratteri geologici di un'area ubicata in Comune di Settimo Milanese (MI) 20019 VIA REISS ROMOLI, snc. L'identificazione catastale è la seguente: F. 16, mappali Foglio 16, mappali 1, 94, 97del Catasto Edilizio del Comune di Settimo Milanese (I700). In base alle informazioni fornite dalla Committente l'intervento è così descrivibile:

Realizzazione di un Edificio Pluripiano a servizio di un "Data Center DC08.1" ubicato nel Comune di Settimo Milanese – MI – in Via Reiss Romoli snc. Il fabbricato ha nr. 1 piano a livello piano terra, nr. 2 piani fuori terra con una superfice totale di 14.360 m^2 di cui in a P.T. 5.010 m^2 circa. Le dimensioni in pianta sono 86 x 62 m^2 circa e l'altezza massima del tamponamento è circa a 14,40m.

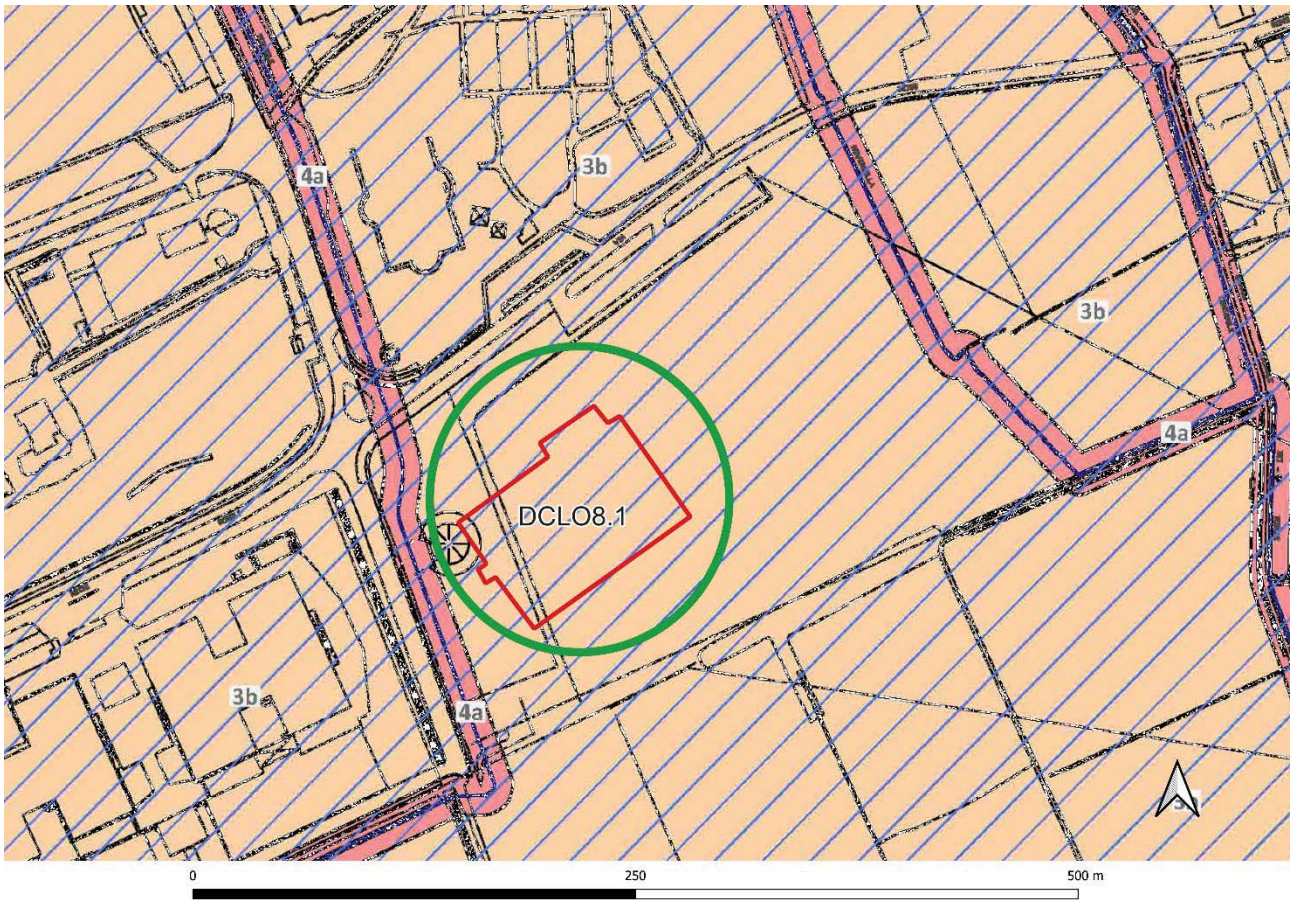
Le norme tecniche utilizzate per impostare struttura e contenuto del presente documento sono omogenee alle linee normative fissate con DECRETO MINISTERIALE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 17 GENNAIO 2018 - AGGIORNAMENTO DELLE «**NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**» - SUPPLEMENTO ORDINARIO ALLA G.U. N. 42 DEL 20 FEBBRAIO 2018 - SERIE GENERALE.

Legislazione locale di riferimento: D.G.R. Regione Lombardia 7374/2008, D.G.R. Regione Lombardia IX/2616 del 30 novembre 2011, D.G.R. X/2129 del 11 luglio 2014.

2.0 VINCOLI E CLASSIFICAZIONE SISMICA

2.1 VINCOLI URBANISTICI E IDROGEOLOGICI

In base all'attuale PGT Comunale l'area è indicata in piano in classe di fattibilità 3b.



Classe 3 : Fattibilità con consistenti limitazioni

Sottoclasse 3b: Settori con ridotti valori di soggiacenza della falda, mediamente inferiori a 4 m dal p.c. Per le aree ricadenti in questa classe, l'edificabilità può comunque essere generalmente attuata con l'adozione di normali accorgimenti costruttivi e/o di preventiva salvaguardia idrogeologica o geotecnica, opportunamente dimensionati sulla base delle risultanze di indagini geognostiche, idrogeologiche e geotecniche puntuali che dovranno valutare puntualmente le condizioni limitative caratteristiche di questa classe.

In questa classe di fattibilità, preliminarmente ad ogni intervento edificatorio, dovranno essere eseguiti studi che, oltre ottemperare a quanto richiesto in merito dal D.M. 17 gennaio 2018, dovranno essere finalizzati alla definizione della profondità, morfologia e consistenza del substrato di fondazione, previa esecuzione di idonee indagini geognostiche (quali sondaggi e prove penetrometriche).

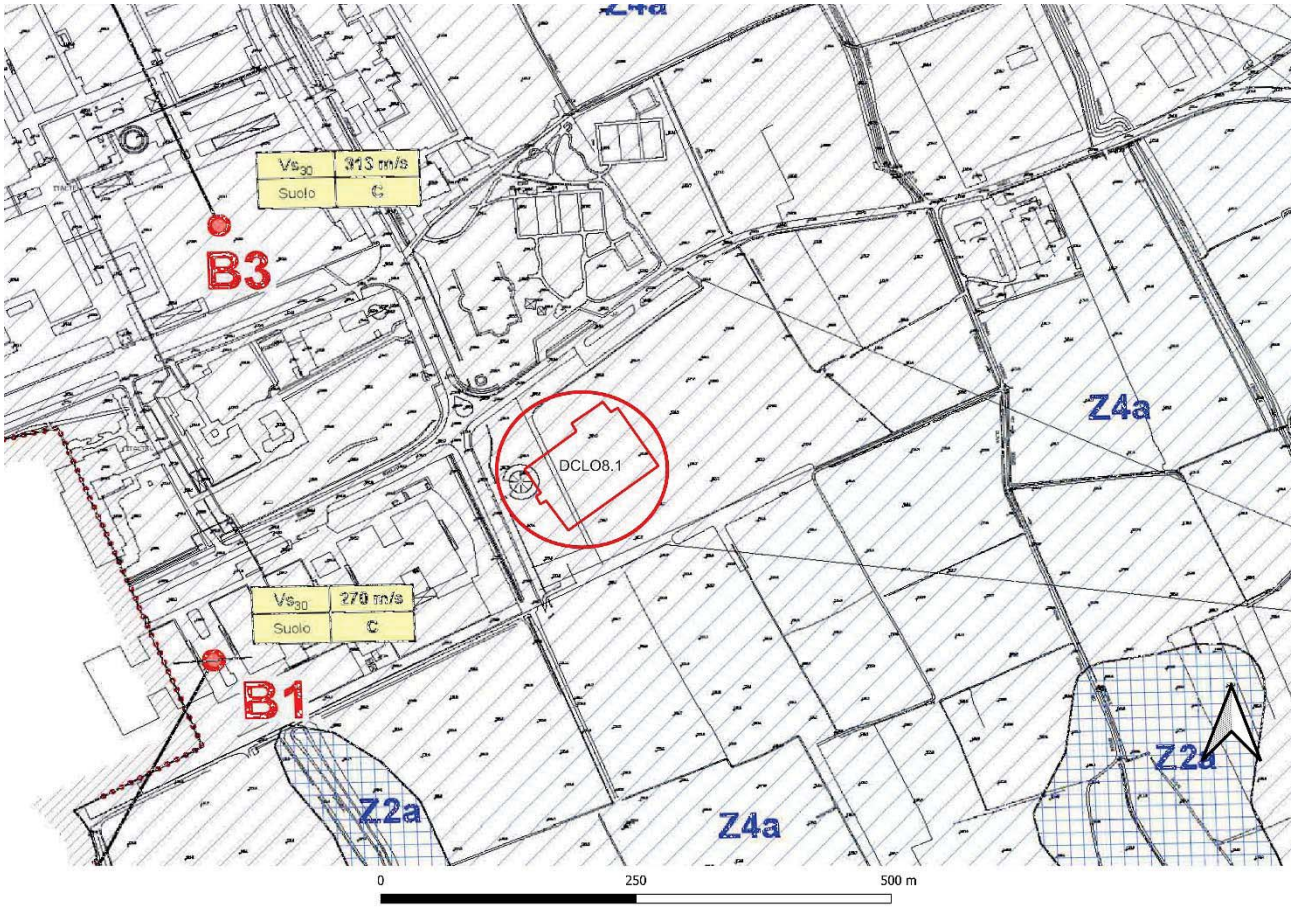
Le indagini geologiche e geotecniche dovranno in ogni caso consentire la definizione della locale situazione idrogeologica e dei parametri geomeccanici caratteristici, da utilizzare per il corretto dimensionamento delle strutture fondazioni, con verifiche geotecniche finalizzate al calcolo della capacità portante e dei cedimenti in relazione ai carichi di progetto e dall'analisi dei fenomeni di stabilità dei versanti.

2.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Settimo Milanese ricade nel gruppo di aree individuate dalla Regione Lombardia (D.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129) in Zona 4 di Pericolosità Sismica di Base (**PSB**) - con pericolosità sismica molto bassa e con valori di a_g < 0,05.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03015211	MI	SETTIMO MILANESE	4	0,044794

L'area rientra, in cartografia PGT zona Z4a di Pericolosità Sismica Locale (**PSL**). In base al rilievo MASW[1] eseguito nell'area d'impronta dell'edificio in progetto sono presenti depositi superficiali di categoria C con $V_{s,eq}$ compresa tra 180 e 360 m/s. L'area in parola è caratterizzata da PSB molto bassa (zona sismica 4) e scenario PSL Z4. Non è pertanto necessario, data la tipologia di edificio in progetto, procedere ad analisi sismica di II livello.



[1] Relazione MASW 7412/RM-1 – Luglio 2024, Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l.

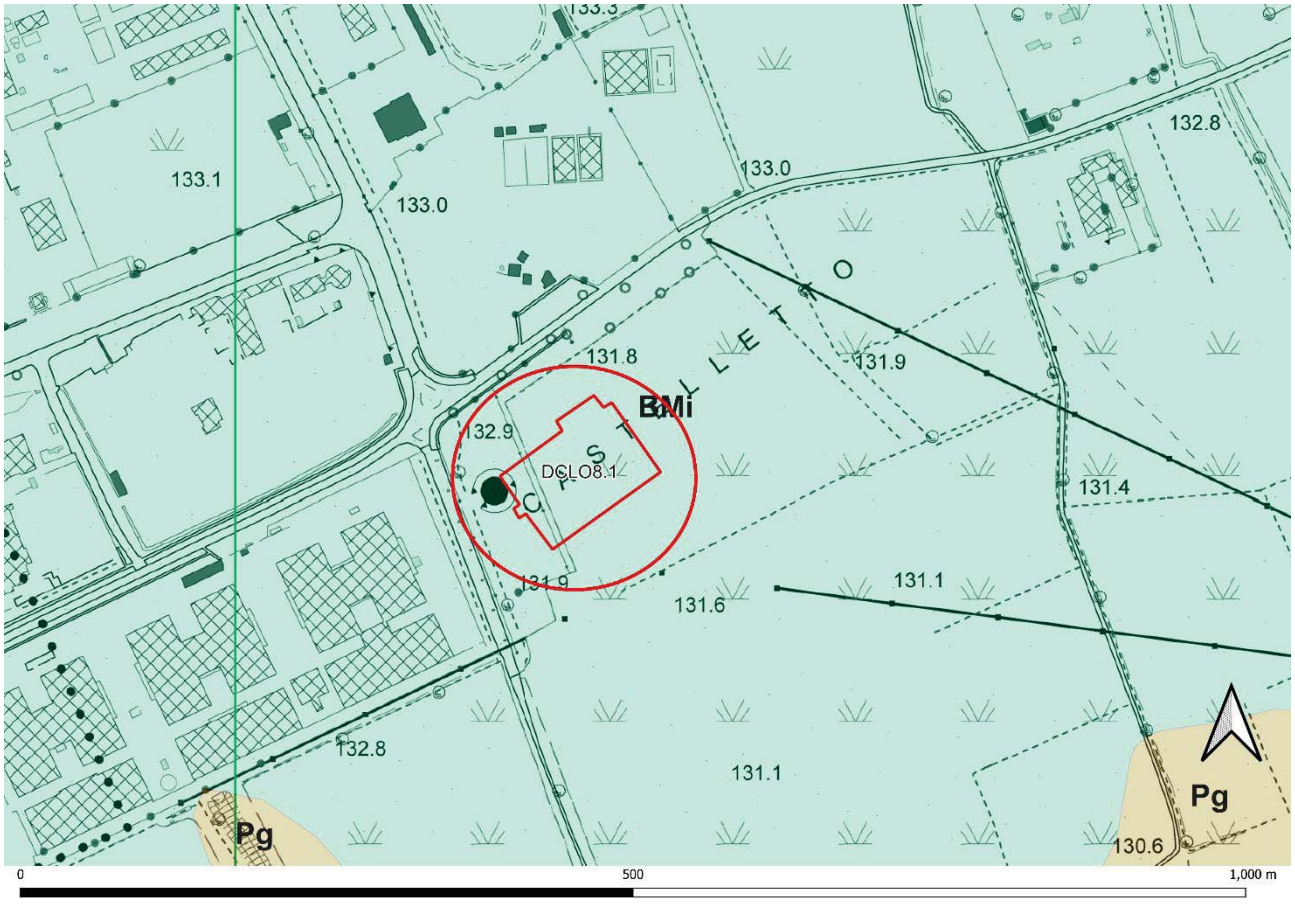
3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 UBICAZIONE GEOGRAFICA ED INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area è cartografata nella sezione B6a2 della Carta Tecnica Regionale (CTR) della Regione Lombardia in scala 1:10.000 ed è inserita nel contesto geografico-morfologico della media pianura lombarda; presenta quota media di circa 132 m s.l.m ed è fortemente antropizzata in tessuto a vocazione prevalentemente agricola.

Dal punto di vista morfologico l'area risulta sostanzialmente pianeggiante e senza elementi di rilievo.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO ED IDROGEOLOGICO



Dal punto di vista geologico e geolitologico l'area è caratterizzata dalla presenza di depositi ascrivibili all'Unità di Minoprio (BMI). L'Unità è composta da ghiaie a supporto clastico e di matrice, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa; limi ghiaiosi; sabbie, sabbie limose e limi (depositi fluvioglaciali).

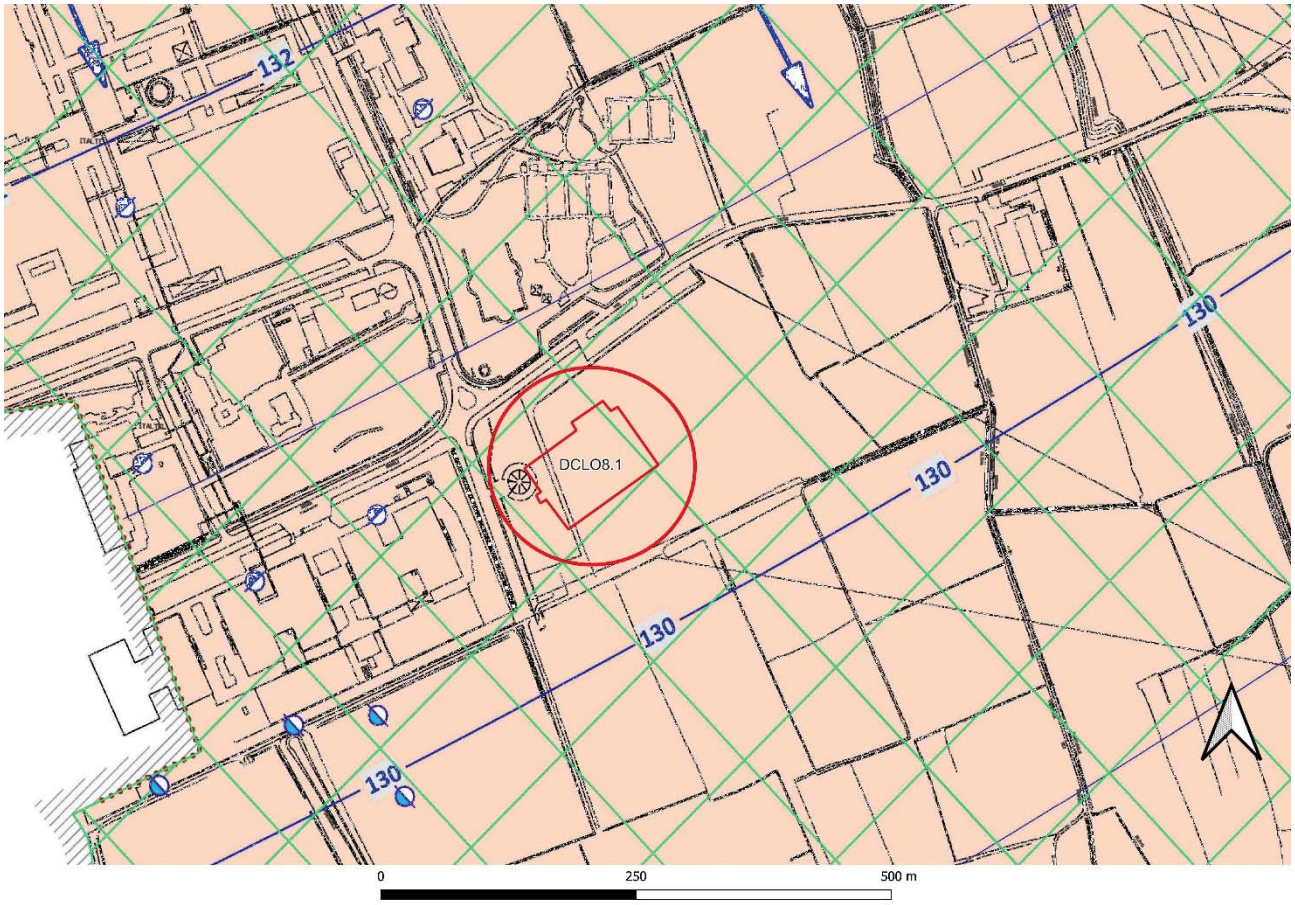
Superficie limite superiore caratterizzata da suoli con spessore medio di 1,5 m, presenza di suoli sepolti nel settore meridionale.

Dal punto di vista litologico l'unità è costituita da depositi fluvioglaciali ed in particolare da ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa. Clasti arrotondati/subarrotondati, in prevalenza centimetrici (dimensioni più frequenti tra 1-5 cm e dimensione massima osservata 20 cm circa).

Le ghiaie, da massive a grossolanamente stratificate, costituiscono l'ossatura dei settori occidentale e orientale del territorio giungendo fino al suo limite meridionale. Nei due settori sono presenti successioni sommitali caratteristiche. In tutto il settore settentrionale sono

discontinuamente presenti sedimenti fini rubefatti a clasti sparsi, che costituiscono il riempimento di canali incisi nelle ghiaie, fluitato dai suoli delle superfici circostanti. Sono presenti, inoltre, sequenze sommitali di sedimenti fini attribuite al sintema di Cantù (subsintema di Ronchetto delle Rane).

La superficie modale, pur essendo percorsa da una fitta rete di drenaggio, oggi quasi completamente artificiale, appare estremamente livellata. Le depressioni in cui scorrono fontanili e cavi, il cui frequente andamento sinuoso e non regolare rivela un'origine naturale, sono generalmente poco o non percettibili all'osservazione diretta.



La falda è ubicata secondo PGT a ≈130,5 m s.l.m. con soggiacenza di circa 1,0÷1,5 m da piano campagna e direzione principale di deflusso sotterraneo W-NW/E-SE. Durante le attività di indagini dirette la superficie di falda non confinata (prima falda) è stata rilevata nel sondaggio S107 alla quota di 128,71 m s.l.m. (profondità di -2,47 m da piano campagna). Il PGT di Settimo Milanese considera un livello di falda proiettivo e tale livello dovrebbe, salvo diverse indicazioni del Progettista Geotecnico, essere cautelativamente considerato come livello di falda per la progettazione delle fondazioni e i calcoli inerenti.

4.0 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

L'analisi della pericolosità geologica, qui presentata in forma qualitativa, consente un sommario inquadramento del sito d'intervento e delle eventuali opere pre-esistenti , analisi delle interferenze con manufatti circostanti e scenari di rischio idrogeologico.

4.1 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

Non son presenti pendii, pertanto, sono esclusi fenomeni geomorfologici/gravitativi. L'area si presenta pianeggiante. In queste condizioni la pericolosità legata a processi di modellamento geomorfologico risulta nulla. L'area non risulta iscritta in alcuna fascia PAI di rischio rilevante quindi si può approssimare a nullo il rischio idrogeologico locale.

Durante le attività di indagine diretta la superficie di falda non confinata (prima falda) è stata rilevata nel sondaggio S107 alla profondità di -2,47 m da piano campagna, corrispondente alla quota di circa 128,71 m s.l.m.

4.2 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE - ANALISI SISMICA DI II LIVELLO

L'area in parola è caratterizzata da PSB molto bassa (zona sismica 4) e scenario PSL Z4. Non è pertanto necessario, data la tipologia di edificio in progetto, procedere ad analisi sismica di II livello.

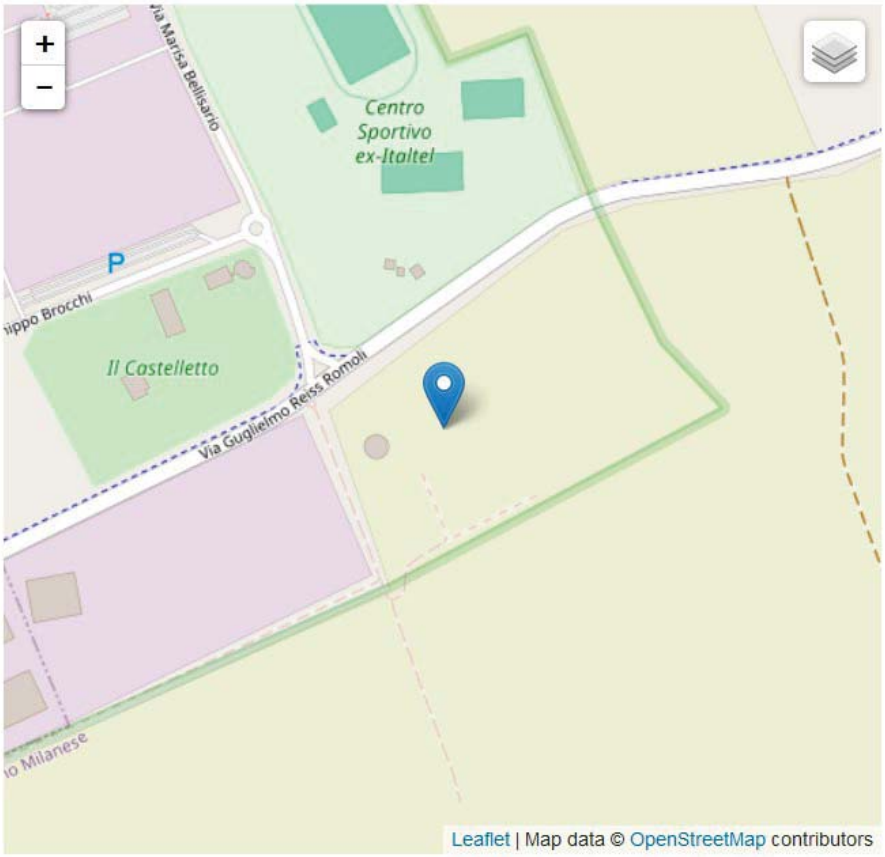
4.2.1 SCENARI DI RISCHIO SISMICO -LIQUEFAZIONE

Nell'ambito delle verifiche relative al rischio sismico si sono considerati i quattro scenari di stati limite: SLO, SLD, SLV e SLC cautelativamente applicati ad un terreno di categoria C.

4.2.2 DATI IN INGRESSO

Il punto di riferimento collegato all'area è il punto baricentrico dell'edificio DC08.1 con le seguenti coordinate:

	LAT [°]	LONG [°]
WGS84	45.473020801	9.041973093
ED50	45.473956	9.043036



Si prevede, per le costruzioni in progetto, Classe d'Uso **III** corrispondente ad un coefficiente d'uso (Cu) 1.5 per una durata nominale Vn di **75** anni e, pertanto, una Vr [Vn*Cu] di 50 anni. In queste condizioni si ricavano i seguenti periodi di ritorno T_r da prendere in considerazione per le elaborazioni successive:

Stato limite	Pvr %	Tr [anni]
SLO	81	45
SLD	63	75
SLV	10	712
SLC	5	1462

4.2.3 ELABORAZIONE RISULTATI

Si procede in prima istanza, data la natura litologica del terreno e la profondità della falda riportata in PGT vigente, alla definizione di eventuali scenari di liquefazione.

Per tale verifica è necessario considerare l'accelerazione massima data dall'accelerazione ricavata mediante interpolazione con i nodi della maglia sismica (vedasi precedente tabella) moltiplicata per fattori di amplificazione legati alla morfologia topografica dell'area e alla natura del deposito.

Per aree pianeggianti il fattore di amplificazione topografica (S_t) risulta uguale a 1. Si ricava la seguente tabella:

STATO LIMITE	F_0 [ ]	T_C^* [s]	a_{Gmax} [g]
SLO	2.52796516	0.18338340	0.0308
SLD	2.58647060	0.19928175	0.0381
SLV	2.70479290	0.29205001	0.0723
SLC	2.77813333	0.30942884	0.0857

Le NCT 2018 dispongono che l'analisi di liquefazione può essere omessa (ridondante) quando il terreno saturo suscettibile a tale fenomeno risulti interessato da $a_{gmax} < 0,1$ g e, pertanto, per nessuno scenario di rischio risulta necessario un approfondimento sull'eventuale probabilità di liquefazione dei terreni sottofalda.

5.0 MODELLO CONCETTUALE E GEOLOGICO-TECNICO

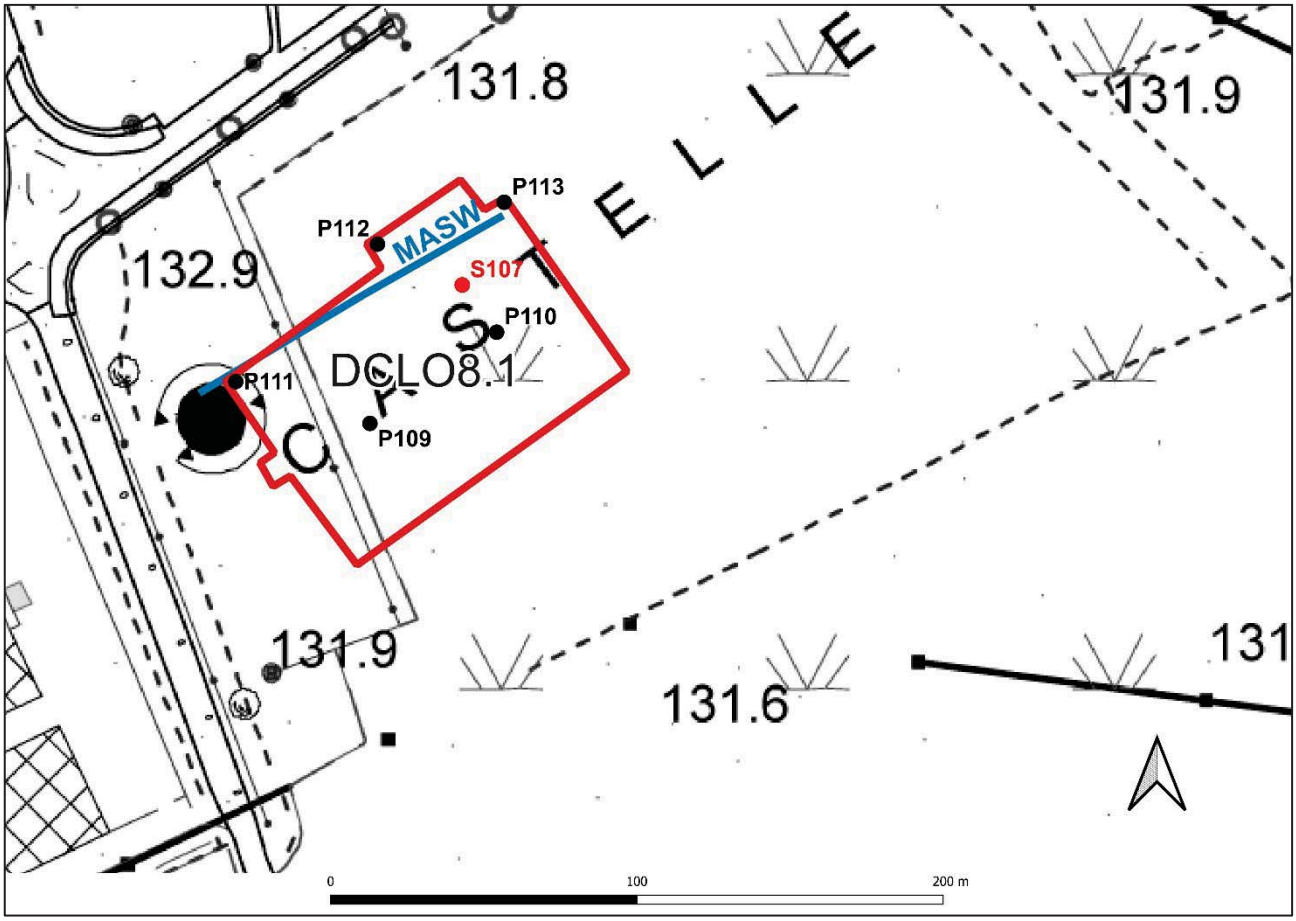
5.1 INDAGINI DIRETTE IN SITO E MODELLO CONCETTUALE

Nel sito in parola sono state eseguite, nel Luglio 2024[2], una serie di indagini dirette il cui scopo è la ricostruzione del modello geologico-tecnico e la determinazione dei parametri caratteristici per la realizzazione di una relazione di progettazione geologica redatta secondo normativa vigente (Art. 6.2.2 NTC 2018). Il modello concettuale adottato, tipico dell'Unità formazionale di Minoprio è basato sulla presenza, nel sottosuolo, di strati pianoparalleli e suborizzontali costituiti da sabbie (limose e ghiaiose) e ghiaie (sabbiose e limose) tipiche di ambiente fluviale braided con ridotte pendenze e con contatti eteropici.

Nella seguente tabella sono riassunte le indagini eseguite:

TIPO	N°
Sondaggio attrezzato a piezometro	1
Prove penetrometriche SPT	13
Prove penetrometriche dinamiche continue	5
Stendimento MASW	1

Le ubicazioni delle prove e dello stendimento sono riportate nella seguente figura:



[2] Dis. 7412/2A- 17/07/2024 - Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l.

La successione litostratigrafica locale può essere così schematizzata:

Strati A e B : nel sito in esame, l'insieme delle resistenze penetrometriche rileva, fino alla -14÷-16 m da p.c., terreni a prevalente frazione ghiaiosa sabbiosa costituenti gli strati A e B nella schematizzazione di seguito formulata, deposti in uno stato di addensamento scarso nella parte alta (strato A), in aumento con la profondità (Strati B1 e B2).
Strato C (intercalazione): segue lo strato C che si identifica in una intercalazione limoso/argillosa di media consistenza, contaminata da ghiaia e sabbia, avente uno spessore dell'ordine dei 3,5÷4,5 m.
Strato D: in profondità, dalla -18 m circa si ritrova la sabbia e la ghiaia, che costituisco- no lo strato D, con associata una resistenza penetrometrica dell'ordine dei 25÷30 colpi/piede che indica materiali deposti in uno stato di addensamento medio al tetto, in aumento con la profondità.

5.2 MODELLO GEOLOGICO TECNICO E PARAMETRI CARATTERISTICI

In base alle prove eseguite, alle correlazioni adottate e al modello concettuale applicato è stato elaborato il modello geologico-tecnico di cui la seguente tabella sinottica presenta, numericamente e in termini di parametri geomeccanici, la sintesi operativa:

Strato	Q_L [m]	γ [daN/cm^3]	γ_s [daN/cm^3]	c [kPa]	c_u [kPa]	φ [gradi]	$C_{c,s}$ [/]	$C_{r,s}$ [/]	OCR [/]	E_i [daN/cm^2]	$E_{i,ed}$ [daN/cm^2]	v [/]
A	-5,0	0,019	0,021	0,0	0,0	25,3	/	/	/	389,9	526,3	0,3
B1	-9,0	0,019	0,021	0,0	0,0	23,9	/	/	/	385,1	519,9	0,3
B2	-16,0	0,019	0,021	0,0	0,0	23,4	/	/	/	448,4	605,3	0,3
C	-20,0	0,019	0,021	0,0	150,0	25,9	0,11	0,025	1,5	248,4	335,3	0,3
D	-21,8	0,019	0,021	0,0	0,0	33,0	/	/	/	942,7	1272,6	0,3

Nella tabella si è indicato con:

Q_L la quota del letto dello strato,
γ il peso di volume fuori falda,
c_u, c la coesione totale ed efficace,
φ'_{calc} l'angolo d'attrito operativo,
C'_c; C'_r gli indici di compressibilità, ricompressione edometrica,
OCR il rapporto di sovraconsolidazione,
E_i il modulo di YOUNG,
$E_{i,ed}$ il modulo edometrico,
ν il rapporto di POISSON.

6.0 CONCLUSIONI

A seguito della consultazione dei dati tecnici bibliografici e delle indagini dirette in sito risulta che:

1) dal punto di vista geologico e geolitologico l'area è caratterizzata dalla presenza di depositi ascrivibili all'Unità di Minoprio (BMI). L'Unità è composta da ghiaie a supporto clastico e di matrice, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa; limi ghiaiosi; sabbie, sabbie limose e limi (depositi fluvioglaciali). Sono pertanto presenti in sito terreni con permeabilità da media a medio-alta.
2) I materiali di sottostrato non presentano caratteristiche sismicamente rilevanti e la morfologia dell'area non è tale da innescare fenomeni di amplificazione sismica. Non necessita condurre verifica sismica per la liquefazione.
3) Sono presenti in sito materiali di fondazione con componente granulare (sabbie e ghiaie) prevalenti e generalmente normalconsolidate, con capacità portanti da medie a buone/ottime.

Per quanto finora visto l'opera è compatibile con il quadro generale geologico, litologico, sismico e idraulico delineato in fase di PGT senza interventi correttivi preliminari o contestuali e senza particolari accorgimenti progettuali.

Dott. Geol. Luigi Maurizio Paternò

STUDIO TECNICO
Geom. UGO CELOTTI S.R.L.

VIA MINCIO 22 - CAP 20139 MILANO - TEL. 025393977 r.a. - 025392262 FAX
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE
PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTRICHE

GENERALE PREFABBRICATI S.p.A. - Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione - PERUGIA

Indagini geognostiche e geotecniche eseguite nel terreno di fondazione di un edificio pluripiano a servizio del Data Center DC08.1 di prossima realizzazione in comune di Settimo Milanese (Milano) - Via Reiss Romoli snc.

SONDAGGIO GEOGNOSTICO E GEOTECNICO N. S107
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NN. P109 ÷ P113

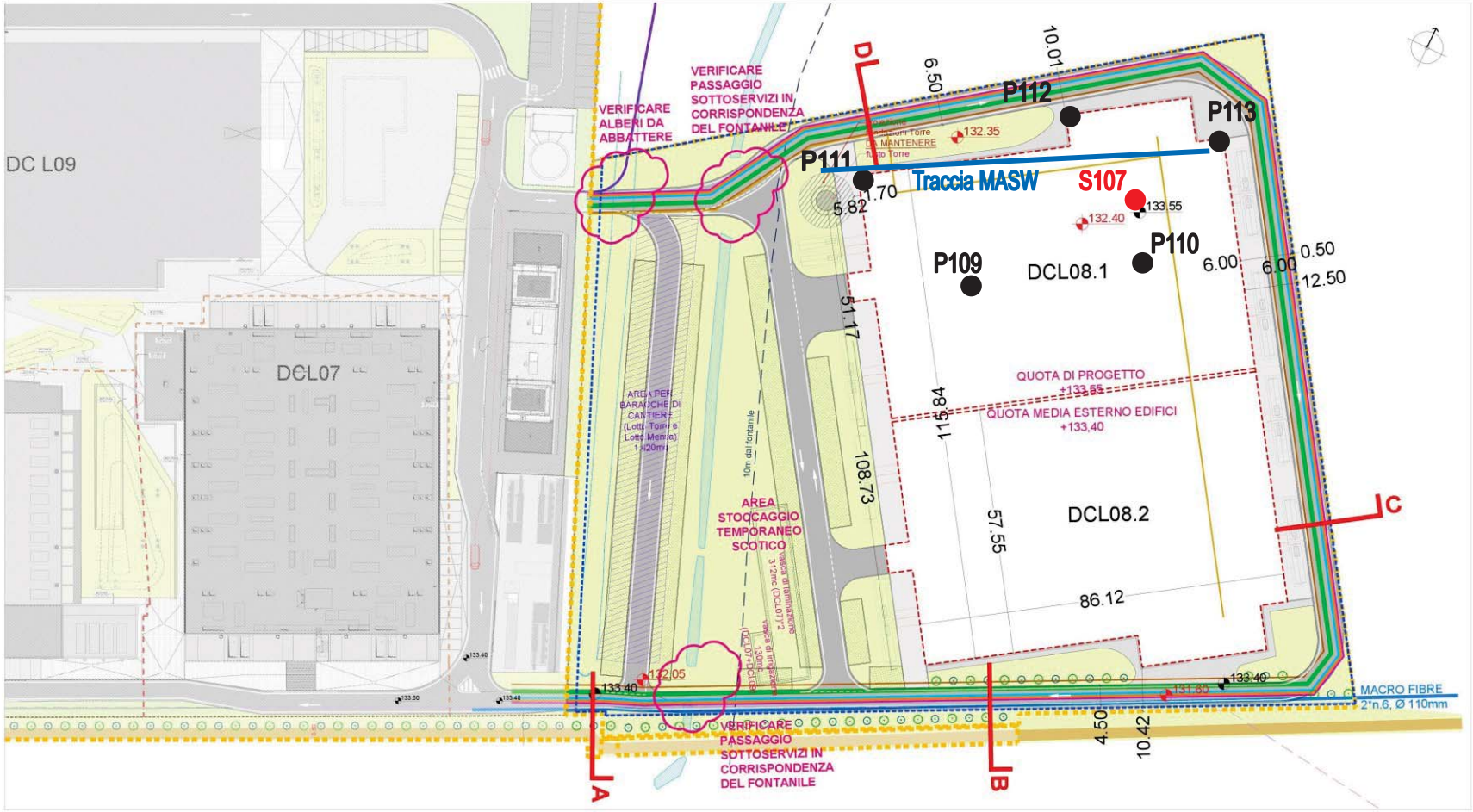
Disegno n. 7412/2A Data: 17 - 07 - 2024

N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità coincide con l'attuale piano campagna in corrisponedenza dei punti di perforazione. La quota slm indicata sulla stratigrafia e sui diagrammi è stata rilevata con attrezzatura GPS.

● **Sondaggio geognostico e geotecnico**

● **Prove penetrometriche dinamiche**

PLANIMETRIA

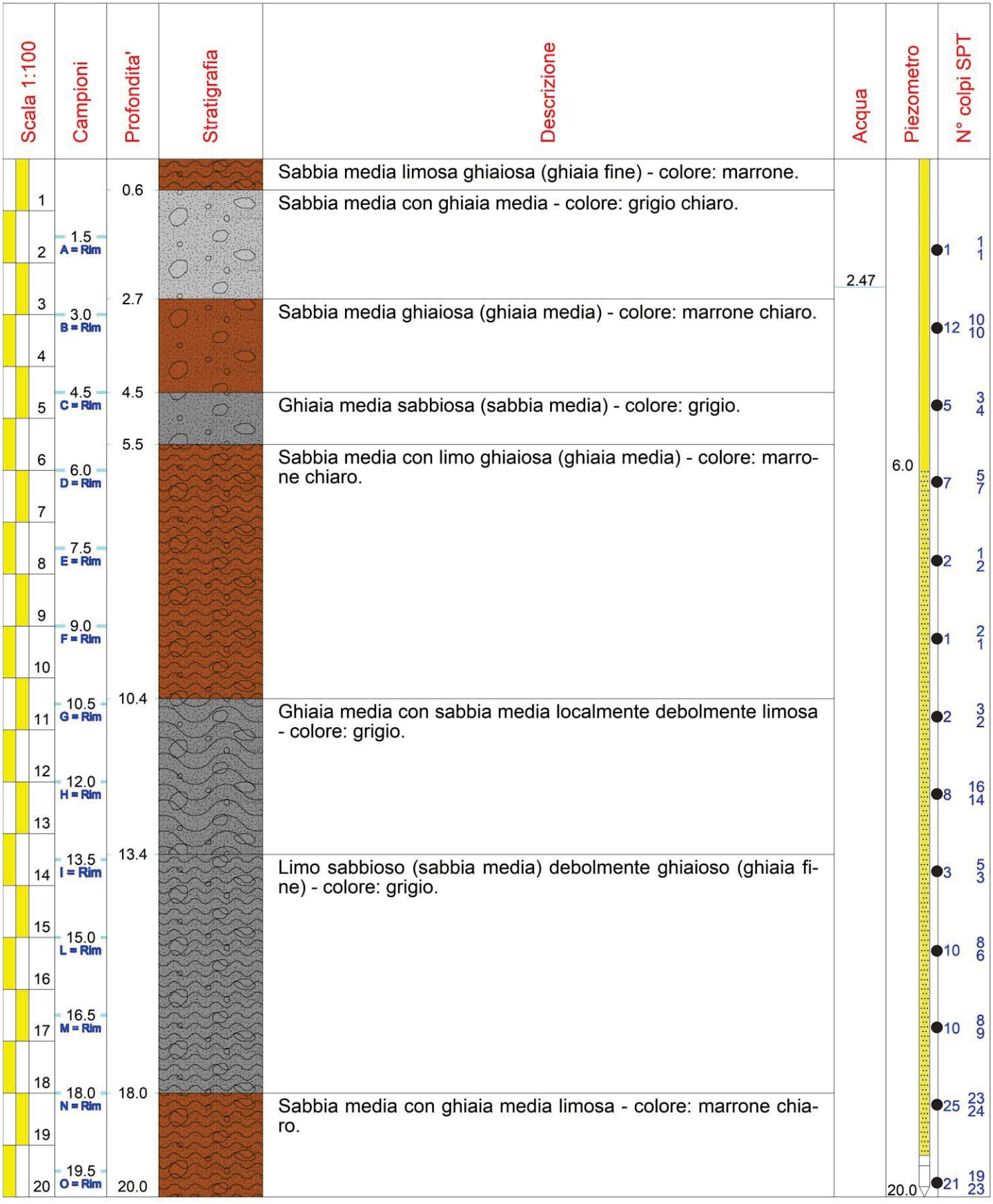


STUDIO TECNICO Geom. UGO CELOTTI - Via Mincio n° 22 - 20139 MILANO

SONDAGGIO GEOGNOSTICO N° S107 DATA: 11-7-2024

Dis. n°: 7412 Località: SETTIMO MILANESE

Inizio sondaggio m. 0.00 Inizio sondaggio m +131.178 slm Fine sondaggio m. 20.0



N.B.: ● SPT con punta conica 60°.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° P109

DATA: 12-7-2024

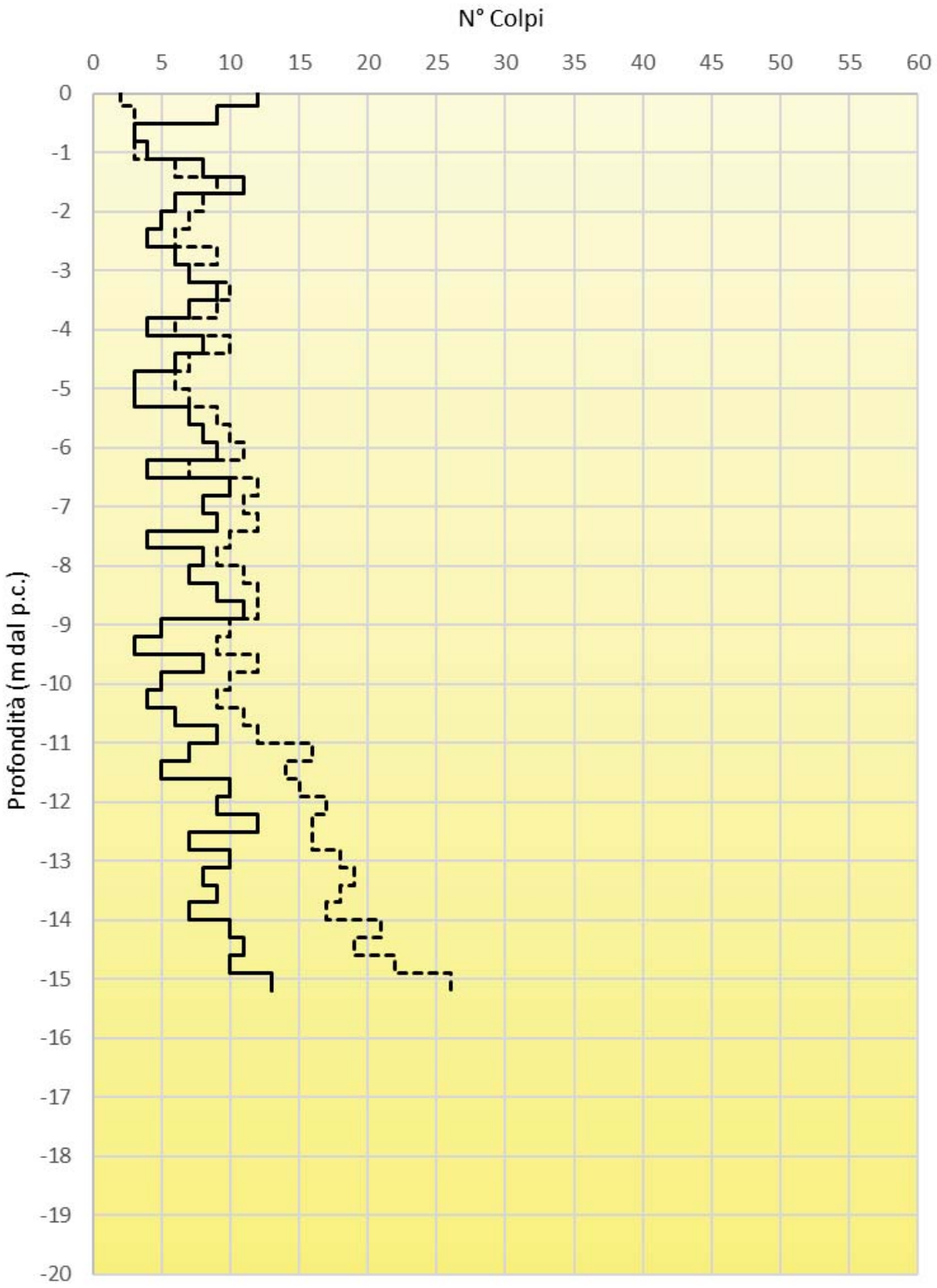
Disegno n° 7412

Località : SETTIMO MILANESE

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
═══ Punta 60° ø = 2″ --- Tubazione di rivestimento ø = 1″½

Inizio prova m 0.00
Fine prova m -15.20

Inizio prova m +131.955 slm
Assenza acqua fino a m -0.70 poi foro ostruito



STUDIO TECNICO Geom. UGO CELOTTI – Via Mincio n° 22 – 20139 Milano

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° P110

DATA: 15-7-2024

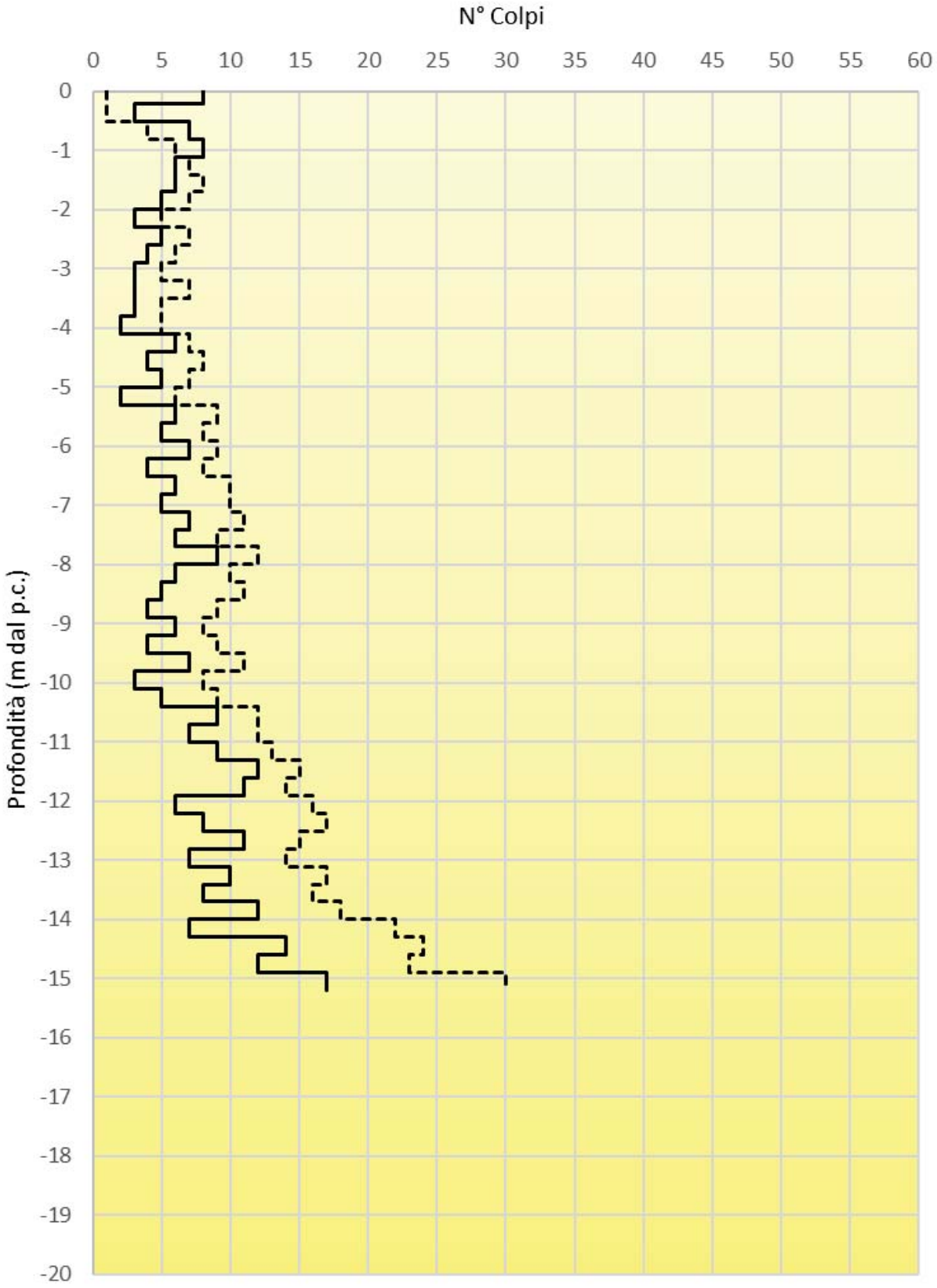
Disegno n° 7412

Località : SETTIMO MILANESE

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
═══ Punta 60° ø = 2″ --- Tubazione di rivestimento ø = 1″½

Inizio prova m 0.00
Fine prova m -15.20

Inizio prova m +131.229 slm
Assenza acqua fino a m -0.80 poi foro ostruito



STUDIO TECNICO Geom. UGO CELOTTI – Via Mincio n° 22 – 20139 Milano

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° P111

DATA: 12-7-2024

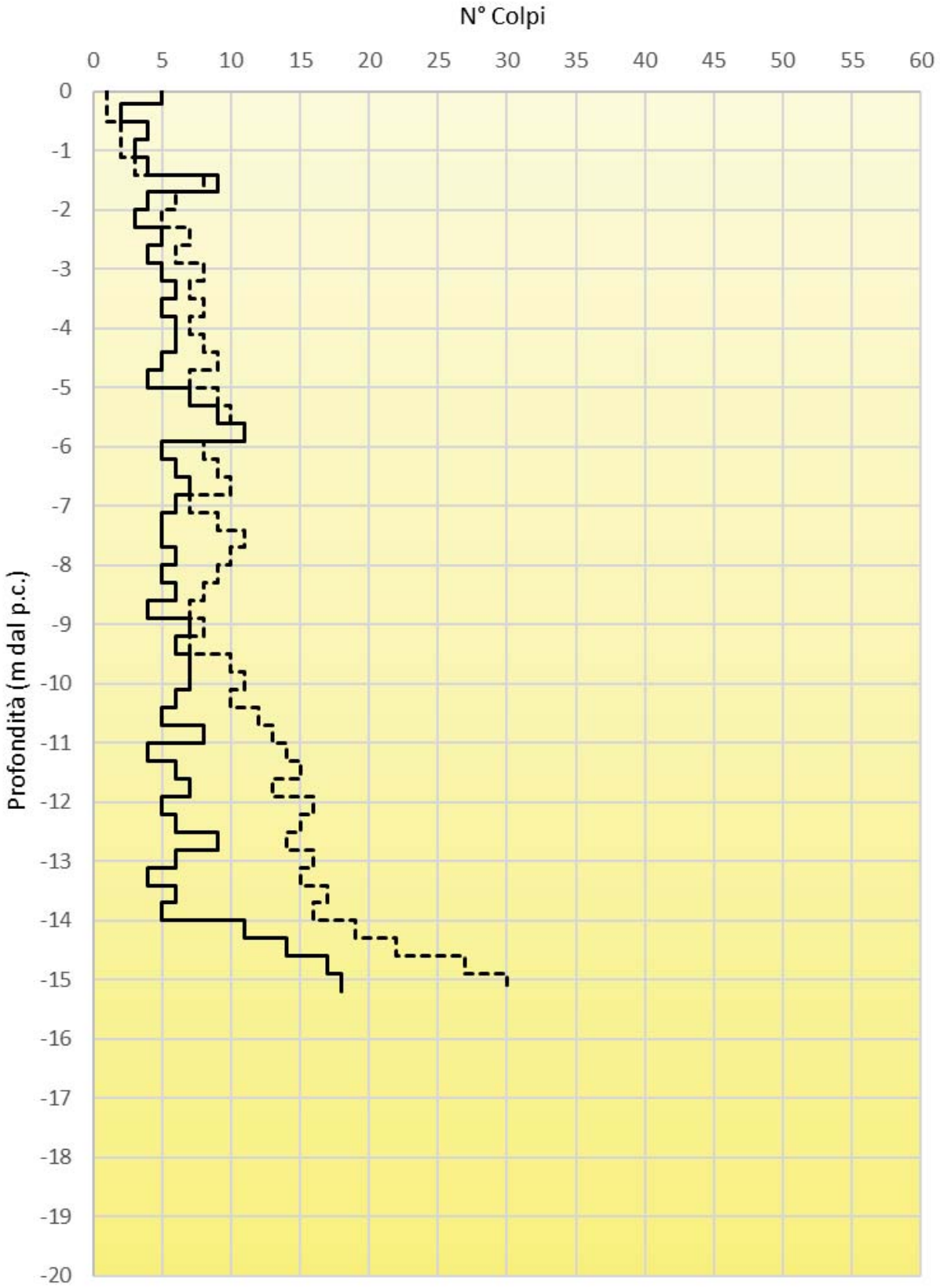
Disegno n° 7412

Località : SETTIMO MILANESE

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
═══ Punta 60° ø = 2″ --- Tubazione di rivestimento ø = 1″½

Inizio prova m 0.00
Fine prova m -15.20

Inizio prova m +133.289 slm
Assenza acqua fino a m -1.00 poi foro ostruito



STUDIO TECNICO Geom. UGO CELOTTI – Via Mincio n° 22 – 20139 Milano

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° P112

DATA: 16-7-2024

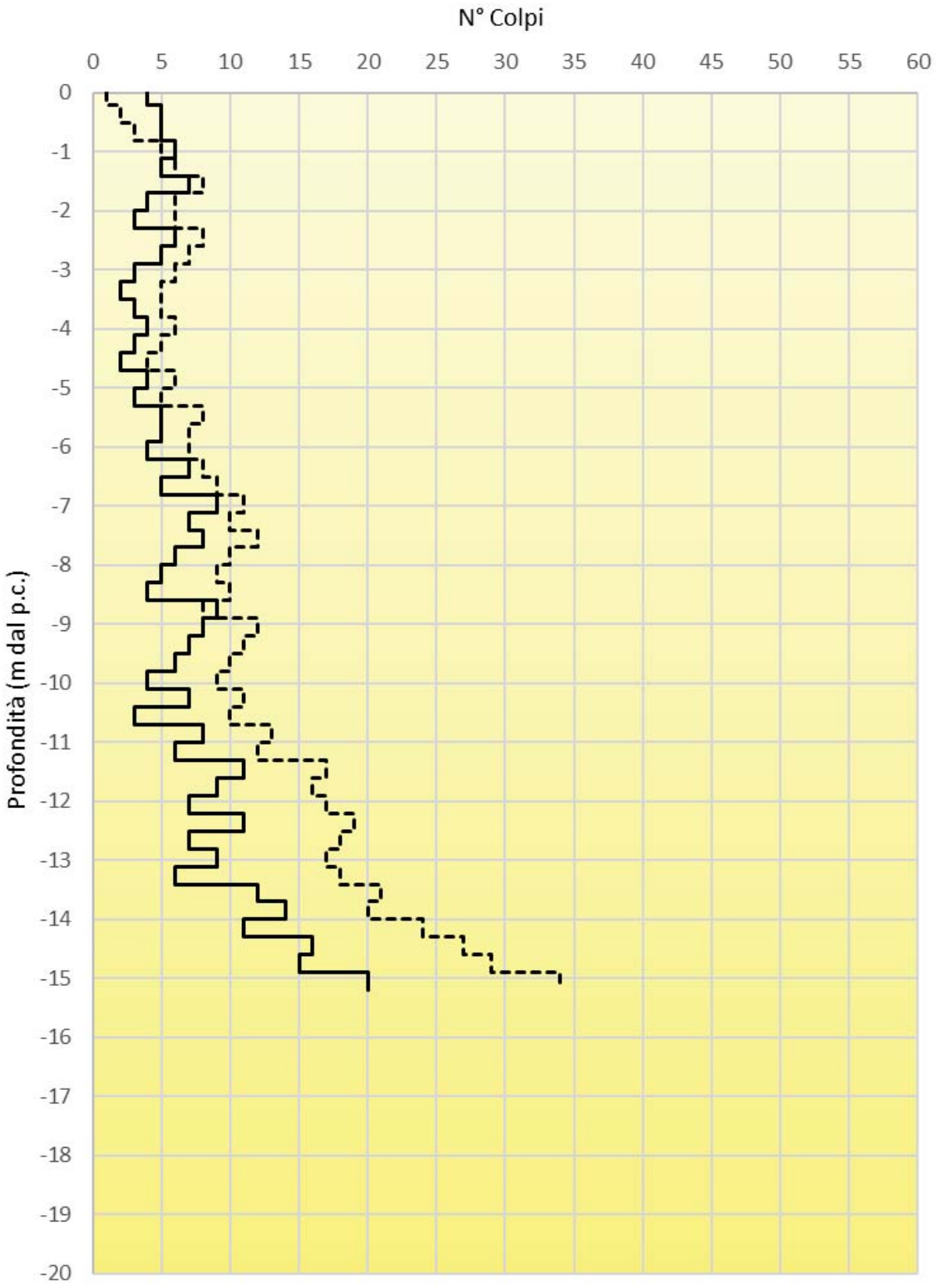
Disegno n° 7412

Località : SETTIMO MILANESE

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
═══ Punta 60° ø = 2″ --- Tubazione di rivestimento ø = 1″½

Inizio prova m 0.00
Fine prova m -15.20

Inizio prova m +131.162 slm
Assenza acqua fino a m -1.10 poi foro ostruito



STUDIO TECNICO Geom. UGO CELOTTI – Via Mincio n° 22 – 20139 Milano

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° P113

DATA: 15-7-2024

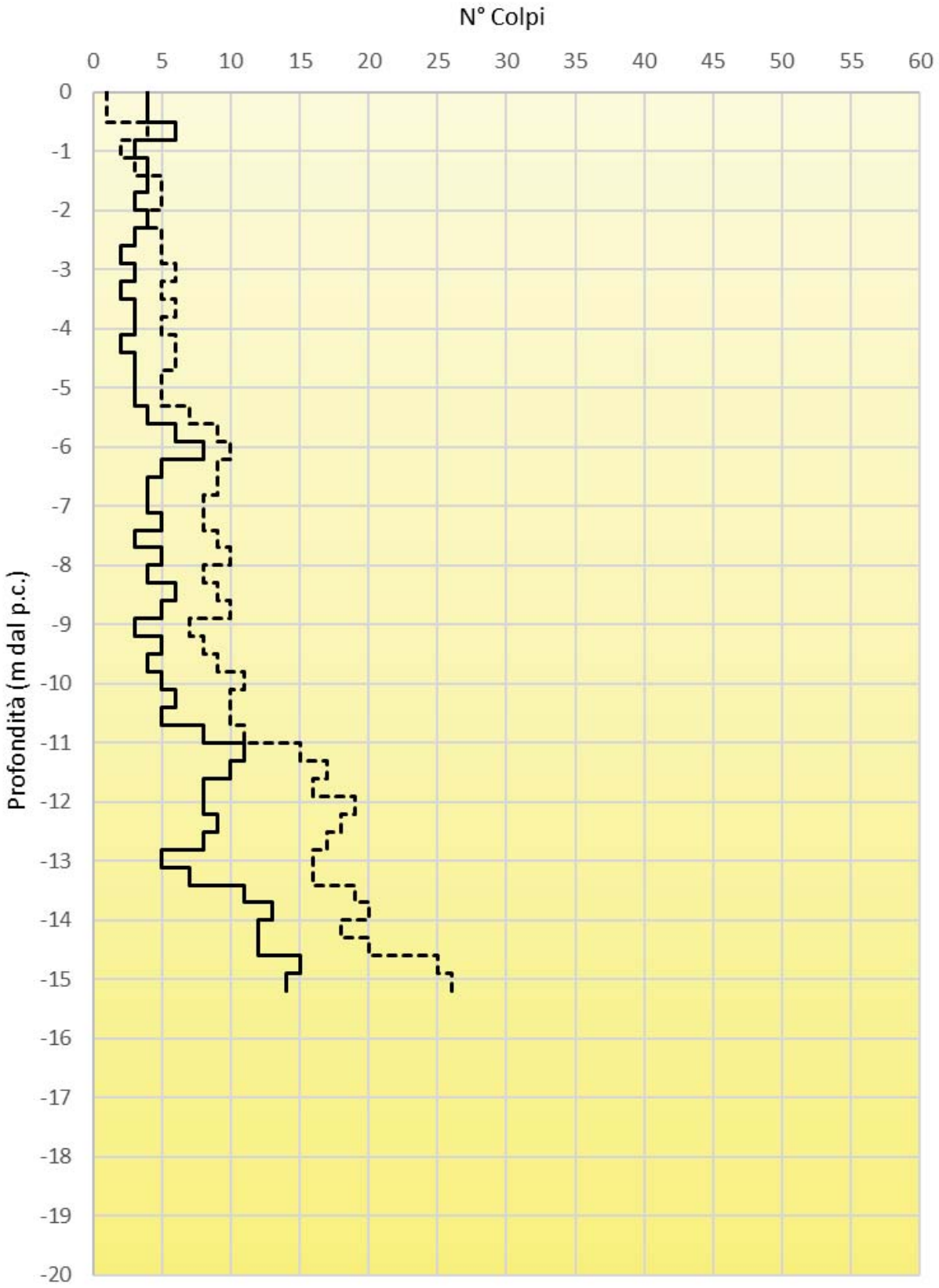
Disegno n° 7412

Località : SETTIMO MILANESE

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
═══ Punta 60° ø = 2″ --- Tubazione di rivestimento ø = 1″½

Inizio prova m 0.00
Fine prova m -15.20

Inizio prova m +131.083 slm
Assenza acqua fino a m -0.90 poi foro ostruito



STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l.
CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.
VIA MINCIO, 22 – C.A.P. 20139 **M I L A N O** TEL. 02.5393977 – FAX 02.5392262
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

SONDAGGI GEOGNOSTICI GEOTECNICI AMBIENTALI GEOARCHEOLOGICI – PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE INDAGINI E RICERCHE GEOLOGICHE E IDROLOGICHE - PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTRICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI
C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO – COD.FISC.-PART.IVA 05092310969 – SOA 3405AL/57/01

Milano, Luglio 2024

Prot. 7412/RM-1

Spett.le
GENERALE PREFABBRICATI S.p.A.
Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione
06132 PERUGIA

INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA AGLI STUDI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA PER LA RISPOSTA LOCALE METODOLOGIA MASW

SETTIMO MILANESE
(Milano)
Via Reiss Romoli
Data Center DC08.1

Relazione

INDICE

1 – PREMESSA.....3

2 – CENNI TEORICI.....4

3 – ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI.....5

3.1 – Strumentazione utilizzata.....5

3.2 – Interpretazione dei dati.....6

4 – RISULTATI.....8

5 – CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI.....11

6 – ZONIZZAZIONI SISMICHE PREVISTE DA N.T.C.....12

1 - PREMESSA

Il giorno 15 Luglio 2024, è stata eseguita una prospezione geofisica in un terreno in comune di Settimo Milanese (Milano) – Via Reiss Romoli.

Al fine di caratterizzare la risposta sismica della zona in esame è stata registrata una sezione geosismica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), utile a definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs).
Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 17 gennaio 2018.
Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio Vs,i.
La classificazione dei terreni si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio. Essa è definita dalla relazione:

CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE ⟶

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

In cui Vs,i e hi sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato e lo spessore dell'i-esimo strato.

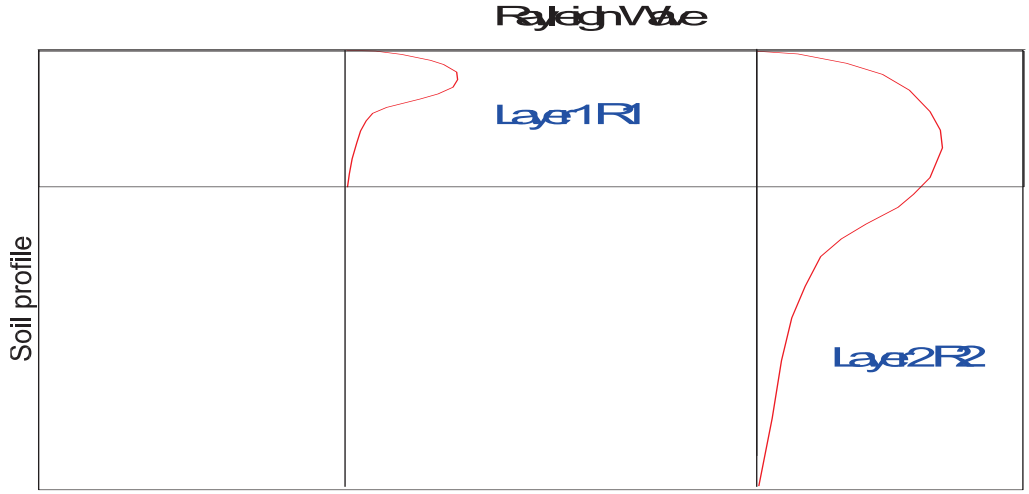
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

2 - CENNI TEORICI

La metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) permette di ricavare le velocità delle onde di taglio verticali Vs dalla determinazione delle velocità delle onde superficiali.

La misura delle velocità delle onde superficiali viene calcolata grazie all'utilizzo di stendimenti di sensori posti in genere a distanze regolari sulla superficie del suolo da indagare.

La porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh la cui velocità è correlata alla rigidezza e ai parametri elastici dei suoli attraversati.
E' importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè le alte frequenze e, quindi, con lunghezze d'onda corta, si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, invece le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi così come di seguito illustrato.



La metodologia MASW può essere sia *attiva* che *passiva* o la combinazione di entrambe. Nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate in un punto noto in modo non casuale e vengono registrate da stendimenti lineari di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento di ricezione può essere sia lineare che circolare e si misura il rumore di fondo ambientale esistente.

Il metodo attivo è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perchè fornisce con un miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri da piano campagna. Infatti si ottiene una curva dispersione per un range di frequenze normalmente comprese tra i 5 ed i 70 Hz la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche.

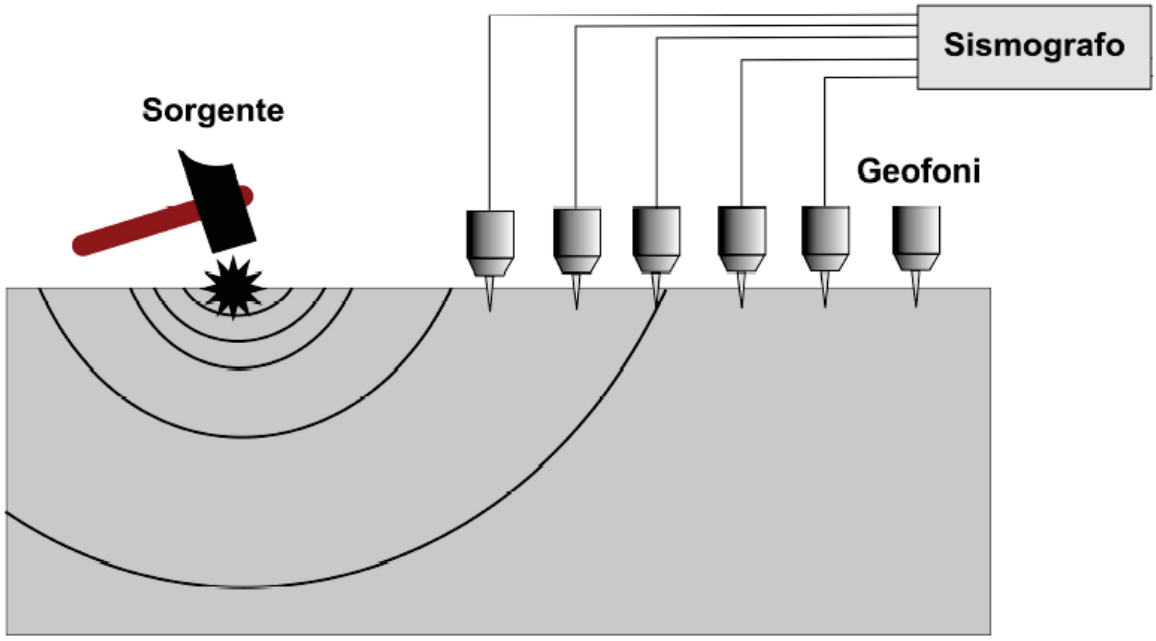
3 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione è avvenuta tramite l'utilizzo di un sismografo a 24 bit modello" ECHO 24/2010 Seismic Unit" che impiega 24 canali in registrazione.
Lo strumento viene collegato ai geofoni verticali aventi frequenza propria di 4,5 Hz, posizionati sul terreno a distanza di 2 metri. Il tempo di registrazione dello strumento è fissato in 2 secondi. Gli offset di energizzazione della MASW sono pari a 5 metri.
Di seguito si elencano le caratteristiche tecniche della strumentazione impiegata:

Number of channels:	24+1
A/D Conversion:	24 bits
Dynamic range:	130 dB @ 1ms PG=0 dB 120 dB @ 1ms PG=18 dB
Cross talk:	>90 db
Preamplify gain:	0 db, 6 db, 12 db, 24 db, 30 db, 36 db
Frequency response:	0 to 6 KHz (30kSPS) 0 to 4,8 KHz (15kSPS) 0 to 3 KHZ (7,5kSPS) 0 to 1,5 Khz (3,5kSPS) 0 to 800Hz (2kSPS) 0 to 400Hz (1kSPS)
Acquisition and display filter:	Low Cut Out 10.15.25.35.50.70.100.200.280.400 Hz
Sampling interval:	32us,64us,128us,256us,480us,960us
Record length:	16000 samples
Stacking trigger accuracy:	1/32 of samples interval
Distorsion (THD):	0,0004 %
Max input signal:	2Vpp, Odb
Common Mode Rejection:	110 dB
Noise:	0,25 uV, 2ms, 36 Db
Pre-trigger data:	524 ms @ 32 us sample interval
Delay:	0 to 2500 ms step 10 ms
Temperature range:	-30°C/+70°C
Power:	12 Volts
Continuos recording:	HVSR
Output format:	SEG - Y

Di seguito viene riportata una figura che illustra la disposizione dei sensori e la trasmissione dell'impulso.



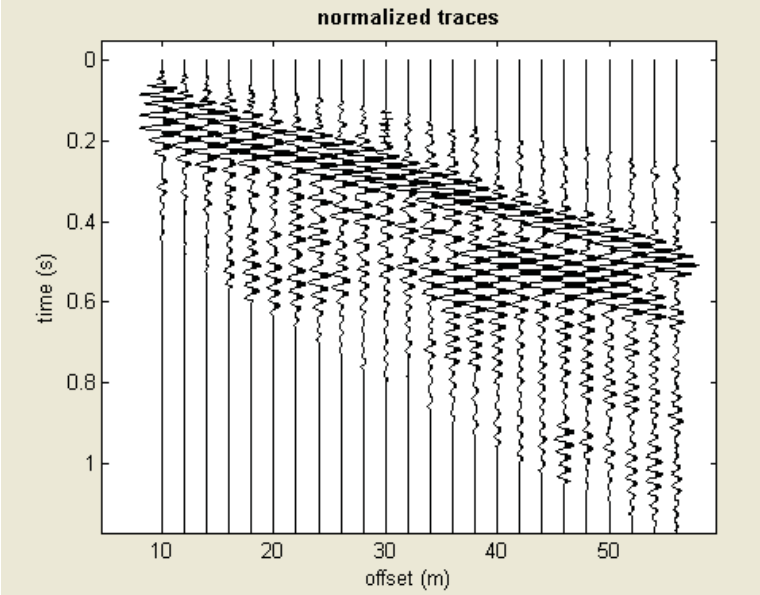
3.2 INTERPRETAZIONE DEI DATI

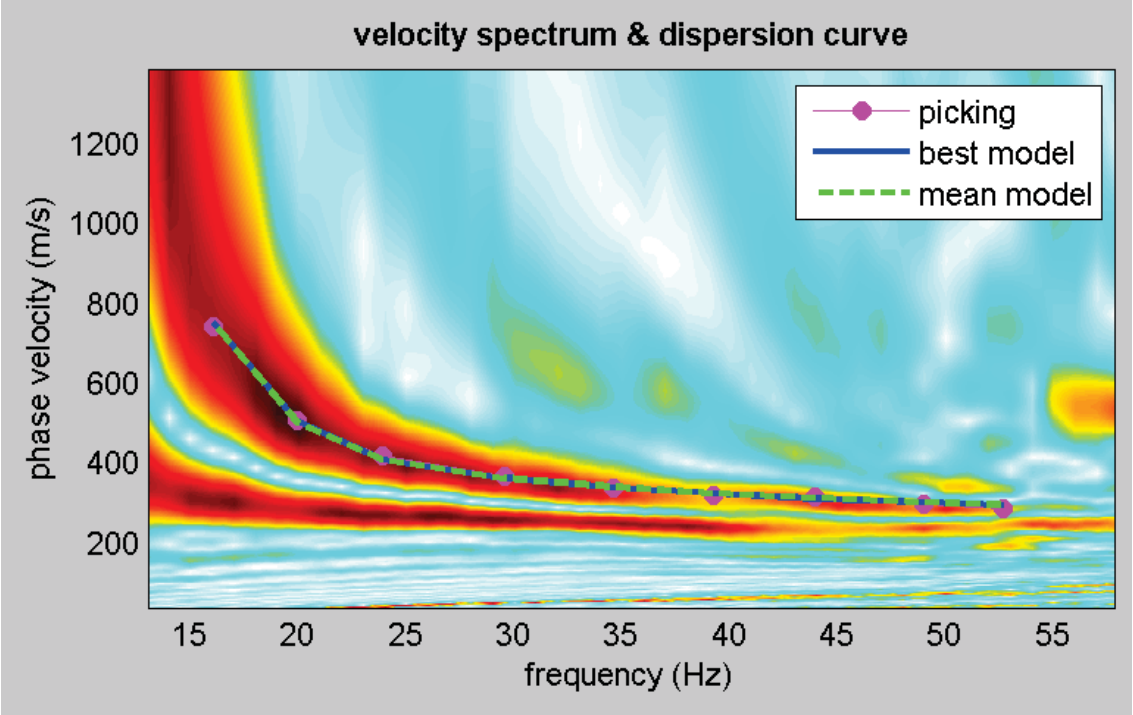
La procedura elaborativa prevede, sinteticamente, i seguenti passi:

- Trasformazione dei files in formato compatibile
- Immissione delle geometrie di acquisizione dei dati (sorgente e ricettori)
- Generazione dell'immagine di dispersione
- Analisi della curva di dispersione (picking)
- Verifica dei modi
- Modellazione e/o inversione
- Calcolo del parametro Vs30 dal profilo delle velocità di taglio

Il software utilizzato per l'interpretazione è WinMASW 4.1.1 Pro (Eliosoft).

Di seguito un esempio di acquisizione da cui si ottiene la curva di dispersione, ossia lo spettro di velocità calcolato a partire dalle tracce registrate sui geofoni dello stendimento. Viene riportato anche il piccaggio per la modellazione e/o inversione.



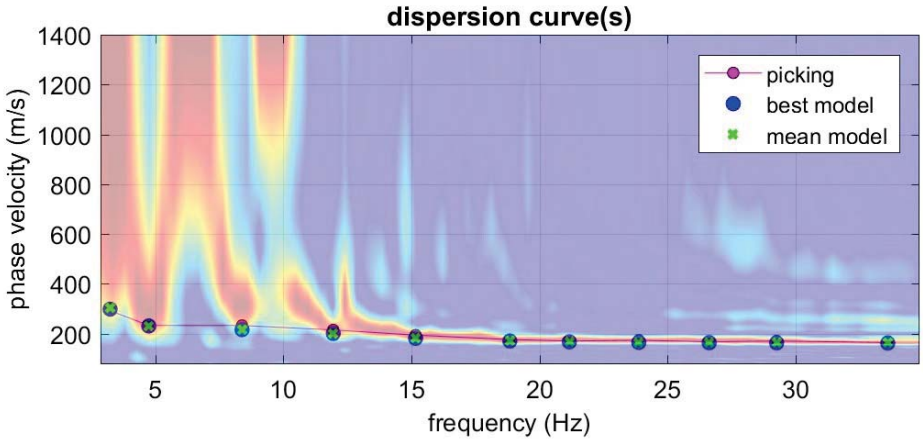


4 - RISULTATI

L'ubicazione della prova è riportata nel disegno n. 7412/2A.

L'immagine successiva propone la curva di dispersione ossia lo spettro di velocità calcolato a partire dalle tracce registrate.

MASW – Settimo Milanese (MI) – Via Reiss Romoli

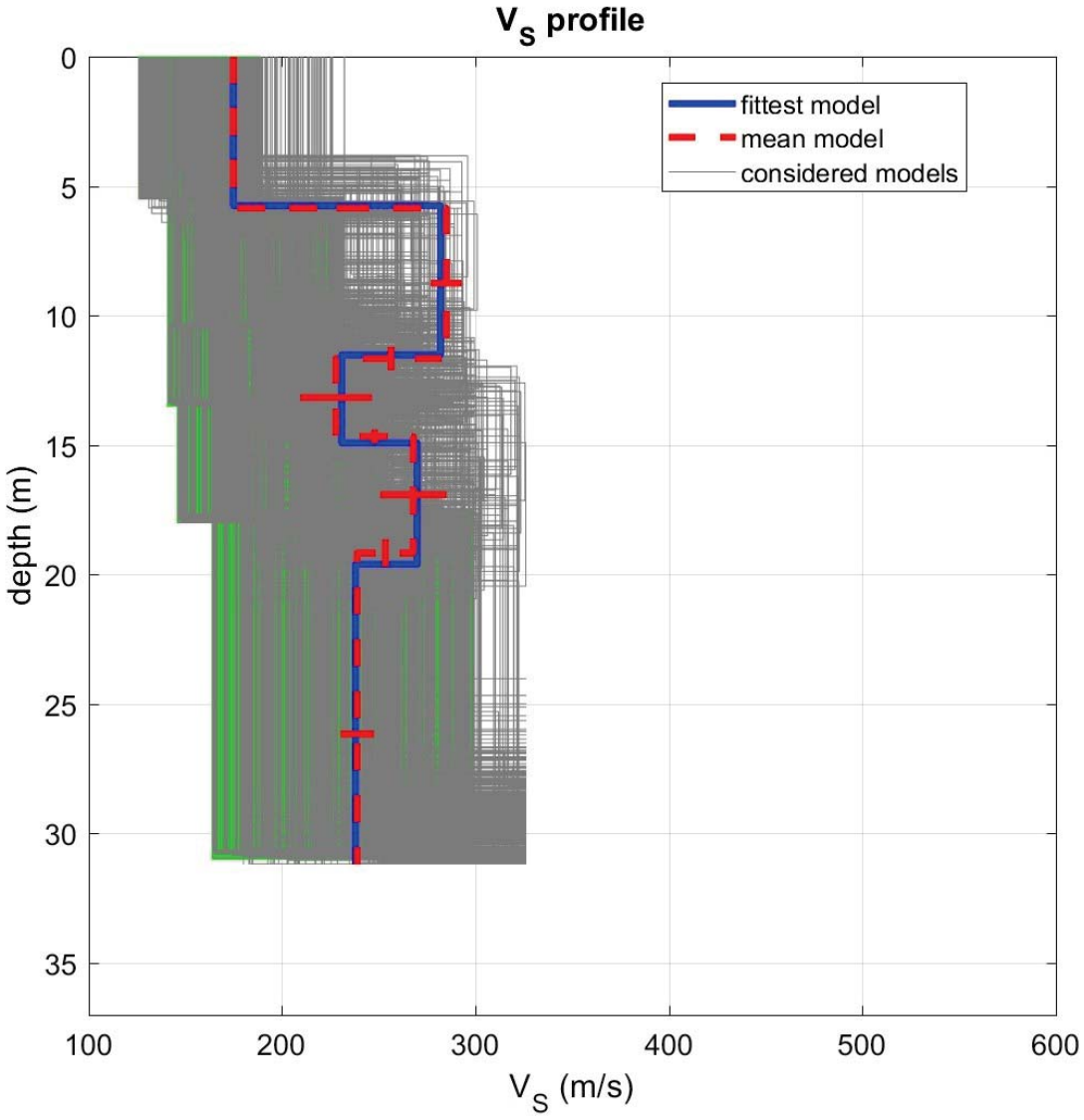


Spettro velocità sezione Masw

Il picking della curva e la modellazione diretta e/o dal processo di inversione, portano all'ottenimento della curva di dispersione interpretata e, di conseguenza, al profilo verticale delle onde di taglio Vs da cui si ricava il parametro Vs,eq richiesto dalla normativa.

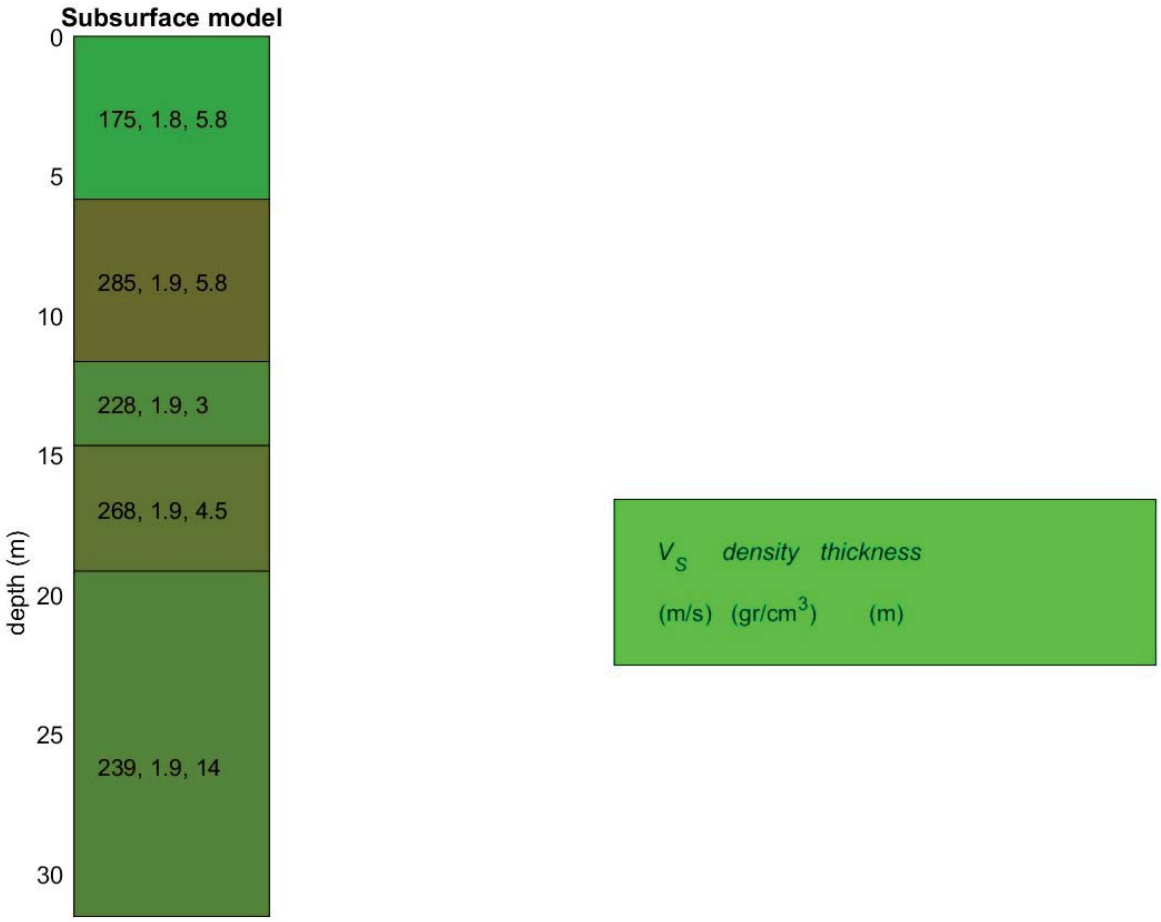
E' da tenere in considerazione che molteplici modelli di distribuzione delle velocità delle onde di taglio portano al medesimo risultato del parametro Vs,eq, ciò significa che senza un'opportuna disponibilità di dati stratigrafici attendibili il parametro di legge risulterà significativo, ma la distribuzione delle velocità sarà solamente indicativa.
Il grafico sotto riportato invece mostra il modello del profilo verticale Vs scelto come rappresentativo del singolo punto indagato.

MASW **SETTIMO MILANESE (MI)** **Via Reiss Romoli**	**Vs30 = 235 m/s**



STRATIGRAFIA

MASW – Settimo Milanese (MI) – Via Reiss Romoli



5 - CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

L'analisi delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs e, di conseguenza, il parametro Vs30 per il punto d'indagine.

La tabella sotto riportata mostra il valore Vs30 calcolato a partire dalla quota d'imposta fondazioni prevista (a m -1.00 circa dall'attuale piano campagna) e la classe di suolo di appartenenza rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018).

Nome prova	Vs30	Classe suolo
MASW SETTIMO MILANESE (MI) Via Reiss Romoli	**235 m/s**	**C**

"C" – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Bibliografia:

Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P., 2007, Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probabilità Density Evaluation, J. Appl. Geophysics, 61, 39-55

Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, Multichannel analysis of surface waves, Geophysics, 64, 3; 800 -808.

6 – ZONIZZAZIONI SISMICHE PREVISTE DA N.T.C.

Viene qui sotto riportata la classificazione sismica dei suoli secondo la normativa ufficiale italiana (DM 17 gennaio 2018):

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo di 3 m.

B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D – Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E – Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.